Über die

Fähigkeit, Gewichte zu taxieren

bei

Paralitikern im Stadium der Remission.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der gesamten Medizin

verfasst und einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Jacob Zwecker

cand. med. aus Hammelburg.

München, 1895.

Buchdruckerei Kastner & Lossen, Finkenstrasse 2.

Über die

Fähigkeit, Gewichte zu taxieren

bei

Paralitikern im Stadium der Remission.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der gesamten Medizin

verfasst und einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Kgl. bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Jacob Zwecker

cand. med. aus Hammelburg.

München, 1895.

Buchdruckerei Kastner & Lossen, Finkenstrasse 2.

Auf meinen Wunsch hin, eine experimentale Dissertation auszuarbeiten, hat Herr Obermedizinalrat Professor Dr. Grashey mir folgende Arbeit angeraten:

„Es möge die Fähigkeit, Gewichte zu taxieren, bei Paralytikern im Stadium der Remission einer experimentellen Prüfung unterzogen werden."

Die Literatur bietet in der Hinsicht wenig. So hat nur Bastelberger in seiner Dissertation: „Experimentelle Prüfung der zur Drucksinnmessung angewandten Methoden" so nebenbei auch einen Paralytiker im Remissionsstadium auf seinen Drucksinn geprüft und einfach eine Abnahme der Druckunterschiedsempfindlichkeit dem Gesunden gegenüber konstatiert.

Die übrigen Arbeiten über die Fähigkeit, Gewichte zu schätzen, haben meistens experimentelle Prüfungen des Druck- und Muskelsinnes bei Gesunden aufzuweisen.

Ed. Heinrich Weber hat am Anfang dieses Jahrhunderts als der erste die Feinheit des Drucksinnes und Muskelgefühls experimentell geprüft und ist zu folgendem Resultat gekommen.

„Zur eben merklichen Verstärkung einer Druckempfindung, gleichviel durch welche Reizgrösse sie hervorgerufen worden ist, ist stets derselbe relative Reizzuwachs zu dieser Reizgrösse erforderlich."

Wenn z. B. 14 g Gewicht eine Druckempfindung erzeugen und ein Gramm Uebergewicht im Stande ist, eine ums eben merkliche intensive Druckempfindung auszulösen, so sind bei 28 g Gewicht 2 g Uebergewicht erforderlich, um die Druckempfindung eben zu steigern, bei 42 g 3 g u. s. w.

Dieses sogenannte Weber'sche Gesetz ist nun von den späteren Bearbeitern auf diesem Gebiet noch öfter verneint wie bejaht worden, obwohl es am meisten Wahrscheinlichkeit für sich hat. Denn die Voraussetzung, dass jede Empfindung bei successiver Steigerung des ursächlichen Reizes jenseits der Reizschwelle stetig dem Reiz proportional wachse, z. B. dass die Druckempfindung bei 20 g doppelt so gross werde bei 40 g, dreimal so gross bei 60 g u. s. f. ist theoretisch und teleologisch unstreitig am wahrscheinlichsten und mit den Thatsachen der Sinneswahrnehmung am einfachsten zu verneinen. Ebenso klar ist es aber auch, dass die Druckempfindung bei 40 g, damit sie um $^1/_4$ gesteigert werde, einen doppelt so grossen Reizzuwachs erfordere, wie die Druckempfindung bei 20 g, wenn diese um $^1/_4$ gesteigert werden soll, mit anderen Worten, dass derselbe relative Reizzuwachs die jeweilige Empfindung um $^1/_4$ verstärke. Nun ist es aber nicht möglich, die Empfindungsintensitäten in ihrer absoluten Grösse zu bestimmen wie die Reizgrössen, noch weniger die Empfindungszuwüchse.

Gerade aus diesem Grunde wird es nur äusserst selten möglich sein, den idealen Beweis für das W.-Gesetz zu liefern. Dazu kommt noch, dass die subjektive Beurteilung der Empfindungszuwüchse von der Aufmerksamkeit des zu Untersuchenden, sogar von dem subjektiven Wohlbefinden und von der Liebe und Lust für die Prüfung ab-

hängig ist: Faktoren, welche das Resultat sehr verändern können, wofür ich später noch Beweise bringen werde.

Zunächst drängen sich zwei Fragen auf:

1) Wie gross muss der äussere Reiz sein, um eben eine Druckempfindung zu bewirken?

2) Welches Verhältnis besteht zwischen Reizgrössen und Empfindungsgrössen?

Die erste Frage suchten Kammler und Goltz zu beantworten. Beide aber kamen zu widersprechenden Resultaten. Während Kammler's Beobachtungen ergaben, dass die intensive Reizschwelle an der Stirne, den Schläfen, der Dorsalseite der Vorderarme und Hände 0,002 g betrage, für Nase, Lippe, Kinn, Augenlider, Bauchhaut 0,005 g, für die Volarseite der Finger aber erst 0,015 g, wies Goltz nach, dass im Verhältnis zu den übrigen Körperstellen der geringste Reiz an den Fingerspitzen nötig sei, um eben eine Druckempfindung zu bewirken und dass die übrigen Körperstellen sich zum Drucksinn verhalten wie der Raumsinn, dass also an der Dorsalseite der Vorderarme und Hände ein grösserer Druck erforderlich sei, um eben eine Druckempfindung auszulösen, als an den Fingerspitzen.

Aehnliche Widersprüche finden sich bei Bearbeitung der zweiten Frage betreff des Verhältnisses zwischen Empfindungs- und Reizgrössen.

Zuvor aber sei des leichteren Verständnisses halber erwähnt, dass der Reizzuwachs, welcher eine vorhandene Druckempfindung eben verstärkt, Unterschiedsschwelle, Reizunterschied benannt wird, während man unter relativem Reizunterschied den Unterschied der Reize im Verhältnis zur Summe, zum Mittel oder zu einem der beiden Reize versteht. Wenn z. B. 30 g als schwerer erkannt werden,

wie 29 g, so beträgt die Unterschiedsschwelle oder der Reizunterschied 30—29 = 1 g.

Der relative Reizunterschied dagegen

$$\frac{30-29}{30} = \frac{1}{30}\,g$$

wenn er als Unterschied der Reize im Verhältnis zum grösseren der beiden Reize betrachtet wird. Das Gesetz von Weber bleibt nun erwiesen, wenn in einer Versuchsreihe z. B. von 1 mmg bis 1000 g immer eine Empfindung als eben gesteigert oder herabgesetzt erkannt wird, sobald sich derselbe relative Reizunterschied zwischen zwei Reizgrössen herausstellt, also z. B. $^1/_{30}$ oder höher $^1/_{20}$, was eine verminderte Leistungsfähigkeit des Drucksinnes voraussetzt oder geringer z. B. $^1/_{40}$ was für eine erhöhte Fähigkeit spricht. Natürlich darf bei dieser Berechnung der relative Reizunterschied immer nur als Unterschied der Reize im Verhältnis zum grösseren der beiden Reize aufgefasst werden.

Wird aber nachgewiesen, dass der relative Reizunterschied bei niederen Reizen höher sei als bei kräftigeren Reizen, oder dass der relative Reizunterschied einmal falle, dann steige, dann wieder falle, so spricht dieses gegen das Gesetz von Weber.

Letzterer hat nun bei seinen Versuchen, die sich nur auf $14^1/_2$ und 15 g, dann noch auf 29 und 30 g erstreckten, die Thatsache festgestellt, dass man sowohl $14^1/_2$ und 15 g als 29 und 30 g eben noch voneinander unterscheiden könne, wobei sich jedesmal derselbe relative Reizunterschied herausstellte, nämlich $^1/_{30}$.

Dohrn hat nachgewiesen, dass bei 1 g Gewicht 0,2 g Uebergewicht nötig seien, um eine eben verstärkte Empfindung hervorzurufen und ferner, dass 0,2 g wegge-

nommen werden müssten, um eine eben schwächere Empfindung als solche zu erkennen.

Der relative Reizunterschied beträgt nun

$$\text{bei Zunahme } \frac{1{,}2-1{,}0}{1{,}2} = \frac{0{,}2}{1{,}2} = \frac{1}{6}$$

$$\text{bei Abnahme } \frac{1{,}0-0{,}8}{1{,}0} = \frac{0{,}3}{1{,}0} = \frac{1}{5}$$

Die beiden verschiedenen relativen Gewichtsunterschiede $^1/_5$ und $^1/_6$ lassen sich gewiss durch genauere Berechnung der aufzulegenden Gewichte ausgleichen.

Aber niemals wird sich der relative Gewichtsunterschied, den Weber fand, nämlich $^1/_{30}$ mit dem von Dohrn, nämlich $^1/_5$ oder $^1/_6$ durch Rechnung ausgleichen lassen.

Bastelberger hat mit dem von ihm verbesserten Apparat Dohrns dieselben Versuche gemacht, aber nicht mit 1 g sondern mit 10 g und hat so ziemlich den gleichen relativen Reizunterschied wie $^1/_5$ und $^1/_6$ bei Zu- und Abnahme des Unterschiedswertes nachgewiesen.

Auch Fechner hat das W. Gesetz auf seine Richtigkeit geprüft und gefunden, dass der Merklichkeitsgrad der relativen Reizzuwüchse nicht bei allen absoluten Grössen der Hauptgewichte derselbe war, sondern beim Aufsteigen der Hauptgewichte von 300 zu 500 g etwas abnahm, dann aber bei weiterem Wachstum derselben stetig zunahm, um sich mehr und mehr der Gleichheit zu nähern.

Demnach wäre bei 300—500 g ein grösserer relativer Reizzuwachs und bei 1000—2000 g ein geringerer nötig gewesen, um eine Empfindung eben zu verstärken, während das W.-Gesetz zur eben merklichen Verstärkung einer Druckempfindung stets denselben relativen Reizzuwachs zu der jeweiligen Reizgrösse erfordert.

Schliesslich wurde die Unterschiedsempfindlichkeit für Gewichte noch von Biedermann und Loewit geprüft. Auch diese Autoren geben an, dass ihre Beobachtungen keine Uebereinstimmung mit dem Weber'schen Gesetz zeigten.

Dabei liessen sie die Gewichte aus gleicher minimaler Höhe auf die unterstützte Fingerfläche herabfallen.

Bei einer weiteren Versuchsreihe, wobei die Vergleichsgewichte auf eine Pappscheibe gelegt und bei gestrecktem Arm mit Daumen und Zeigefinger gehoben wurden, stellten sich folgende Resultate heraus:

Bei 10 g	Gew. verstärkte die Empf.			0,7 g	Zusatzgew. also war der Gew.-Unterschied			rel. $^{7}/_{107} = {}^{1}/_{15}$
50 „	„	„	„	1,7 „	„	„	„	$^{1}/_{30}$
100 „	„	„		2,4 „	„	„	„	$^{1}/_{51}$
200 „	„	„		3,6 „	„	„	„	$^{1}/_{56}$
300 „	„	„		4,6 „	„	„	„	$^{1}/_{66}$
450 „	„	„		6,5 „	„	„	„	$^{1}/_{70}$
500 „	„	„		25,2 „	„	„	„	$^{1}/_{20}$

Wir sehen, dass bei dieser Tabelle der relative Gewichtsunterschied sich nicht gleich bleibt, sondern erst rapid dann allmählich fällt, um schliesslich wieder rapid zu steigen.

Der Gesamteindruck dieser sich widersprechenden Resultate, welche von den Genannten bei der Prüfung des Drucksinnes der Fingerspitzen gewonnen wurden, legt den unvermeidlichen Schluss nahe, auf noch grössere Widersprüche zu stossen, sobald einmal von verschiedenen Seiten die Prüfung der Druckempfindlichkeit und Druckunterschiedsempfindlichkeit bei Geisteskranken Gegenstand der Untersuchung würde.

Ich habe daher, bevor ich an die Lösung meiner eigentlichen Aufgabe herangehe, die Forderungen näher ins

Auge zu fassen, welche an jede Messungsmethode für die Feinheit des Drucksinnes gestellt werden. In dieser Hinsicht galten bisher folgende Regeln:

1. Der Muskelsinn muss ausgeschlossen werden, weil auch dieser auf denselben äusseren Reiz hin mit einer Empfindung antwortet und erst zu prüfen ist, ob die Aussage beider Sinne völlig gleichbedeutend ist, oder ob bei gleichzeitigem Gebrauch vielleicht eine stärkere Empfindung stattfindet. Zu diesem Zwecke wird der zu prüfende Finger auf eine Unterlage gestützt, welche der Form desselben angepasst ist.

2) Auch der Gesichtsinn muss ausgeschaltet werden, d. h. es muss dafür gesorgt werden, dass die Versuchsperson nicht wissen kann, in welchem Sinne und Masse die zu prüfenden Gewichtsgrössen geändert werden, damit nicht auf diesem Wege gewonnene Kenntnisse dem Drucksinn angerechnet werden.

3) Die zu vergleichenden Gewichte sollen unmittelbar nacheinander auf dieselbe Tastfläche gebracht werden. Denn auf diese Weise wird die Intensität einer Empfindung mit derjenigen des Erinnerungsbildes einer unmittelbar vorausgegangenen Empfindung am besten verglichen, weil so derselbe Weg in kurzer Zeit zweimal zurückgelegt und die Aufmerksamkeit durch kein anderes Moment in Anspruch genommen wird. Diese drei Momente: „derselbe Weg, die Kürze der Zeit und die Festhaltung der Aufmerksamkeit" erleiden beim Auflegen der Gewichte auf verschiedene Tastflächen oder auf dieselbe nach längerer Pause eine mehr oder weniger störende Veränderung und beeinträchtigen so das Resultat.

4) Die zu vergleichenden Gewichte müssen mit gleichgrosser Oberfläche die Haut berühren, weil von zwei gleich-

grossen Gewichten dasjenige als das schwerere erscheint, welches auf eine grössere Hautoberfläche einwirkt, also eine grössere Anzahl von Nervenenden erregt analog wie uns ein Wasser kälter erscheint, wenn wir uns darinnen baden, als wenn wir den Arm hineinhalten. Denn die einzelnen von einem Reiz gleichmässig getroffenen Nervenfasern erzeugen einzelne Erregungen, welche sich summieren.

Schliesslich sollen noch die zu vergleichenden Gewichte gleiche Temperatur haben, damit nicht eine Interferenz zwischen Druck und Temperaturempfindung Irrtümer in der Beurteilung der Schwere bewirkt. Diese fünf Massregeln, nämlich Ausschaltung des Muskelgefühls und des Gesichtsinnes, die Einhaltung derselben Zwischenzeit zwischen den einzelnen Reizen, die Sorge dass bei jedem Versuch dieselbe Hautstelle von einer gleichggrossen Gewichtsfläche ohne Temperaturdifferenz zwischen Hautstelle und Gewichtsfläche getroffen werde, diese fünf Massregeln bildeten die Grundlage für die Konstruktion der Drucksinnmessungsapparate und für die Experimente. Eine Beschreibung sowie eine Kritik der einzelnen Apparate glaube ich übergehen zu können und erachte es für gut, Interessenten auf die vortreffliche Arbeit von weil. Prof. Funke in Freiburg und Prof. E. Hering in Prag, in Hermann's Handwörterbuch der Physiologie hinzuweisen.

Für meine Arbeit ist es nützlicher, die Art und Weise näher zu erörtern, wie die genannten Autoren den Unterschiedsschwellenwert zu ermitteln suchten, d. h. diejenige Reizgrösse, welche im stande sei eine Empfindung ums eben merkliche zu steigern oder herabzusetzen.

So suchte Weber die Feinheit der Druckunterschiedsempfindlichkeit oder den Unterschiedsschwellenwert dadurch zu bekommen, dass er anfangs zwei gleichschwere

Gewichte in gleichen Zeiträumen auf dieselbe Hautstelle brachte, das eine successive erhöhte, wieder auflegte und sofort, bis eben ein merklicher Unterschied auftrat, letzteren Versuch öfter wiederholte und aus den falschen und richtigen Angaben das Mittel zog.

G. E. Müller kombinierte diese Versuchsmethode mit der, dass er von übermerklichen Unterschieden ausgehend, das eine der aufzulegenden Gewichte so lange verkleinerte, bis eben ein merklicher Unterschied eintrat.

Fechner übertrifft noch diese beiden Autoren. Er legte zwei Gewichte, deren Unterschied an der Grenze der Merklichkeit lag, in einer grösserer Anzahl von Einzelversuchen vergleichend nach einander auf und notierte nach jedem solchen Versuch, ob eines der beiden Gewichte und welches derselben als schwerer erschien; z. B. 29 und 30 g, dadurch erhält man drei Reihen:

eine, in welcher der Gewichts-Unterschied richtig erkannt wird $= \frac{v}{n}$

eine, in welcher derselbe falsch beurteilt wird $= \frac{f}{n}$

wobei das schwerere für leichter gehalten wurde und die letzte, in denen es zweifelhaft erschien $= \frac{z}{n}$

Von den zweifelhaften Fällen rechnete er die eine Hälfte zu den richtigen also $\frac{v}{n} + \frac{z}{2n}$

die andere Hälfte zu den falschen $\frac{f}{n} + \frac{z}{2n}$

Durch eine weitere Rechnung stellte er dann den Unterschiedsschwellenwert fest. Eine weitere Methode zur Bestimmung des Unterschiedsschwellenwertes ist noch die der mittleren Fehler. Sie besteht darin, dass man versucht,

einem gegebenen Gewicht ein zweites nach der Beurteilung der beim vergleichungsweisen Auflegen je zweier Gewichte erhaltenen Empfindungsintensitäten gleich zu machen. Beim Nachwägen des zweiten Gewichtes bei hergestellter anscheinender Gleichheit ergibt sich die Grösse des begangenen Fehlers. Bei Wiederholung dieses Versuches erhält man Fehler verschiedener Grösse, das Mittel dieser Fehler liefert ein Mass für die Unterschiedsempfindlickeit unter den gegebenen Bedingungen.

Es ist klar, dass ich mit solchen Messungsmethoden bei Paralytikern in der Remission wenig ausrichten dürfte. Ich bin aber auch der Meinung, dass eine derartige Berechnung des Unterschiedsschwellenwertes gar nicht zulässig ist, eine Behauptung, welche wegen der grossen Tragweite Beweise verlangt.

Bekanntlich entspringen die vorher erwähnten Messungsmethoden der Thatsache, dass trotz Beobachtung obiger Vorsichtsmassregeln bei der Prüfung der Unterschiedsempfindlichkeit die Versuchsperson unter sonst gleichen Umständen ein und dieselbe Differenz in verschiedenen Einzelversuchen verschieden auffasst, d. h. das leichtere z. B. einmal richtig erkennt, beim nächsten Versuch aber schon das leichtere dem schwereren gleich erachtet, oder gar für das schwerere hält. Diese Fehlerquellen suchte man durch obige Messungsmethoden zu egalisieren, da man sie auf andere Weise nicht zu beseitigen wusste. Ich aber glaube, dass dieser Weg nicht der richtige war, sondern dass ihn Bastelberger, ohne es zu wollen, vorgezeichnet hat. Es ist eine alte Thatsache, dass Differenzen um so besser erkannt werden, je grösser sie sind.

Nun hat Bastelberger in seiner schon erwähnten Dissertation (§ 14–17), folgende 12 Versuchsreihen ange-

stellt: Er belastete zuerst die linke Fingerspitze des Zeigefingers mit 10 g und 9,9, dann mit 10 g und 9,7 g, dann mit 10 g und 9,5. Bei jedem Versuche konnte noch keine Differenz gefühlt werden. Nun stellte er Versuche an, mit 10 g. und 9,4 g. Dabei erwies sich mehrmals die als eben merklich konstatierte Differenz als das Gegenteil. Dasselbe Resultat konnte bei den angestellten Versuchen mit 10 g und 9,1 g konstatiert werden. Der Unterschiedschwellenwert würde nun nach Weber 0,75, nach Fechner vielleicht 0,8 betragen.

Der relative Reizunterschied ist dann $^1/_{12}$ oder $^1/_{13}$. Bei Belastung mit 10 g und 9 g, 10 g und 8 g, 10 g und 7 g, 10 g und 6,5 g, 10 g und 6 g wurde jedesmal dieselbe Differenz teilweise erkannt, teilweise nicht mehr; das leichtere Gewicht wurde nicht mehr für das schwerere gehalten. Für die Messungsmethode von Fechner sind diese Versuche nicht mehr zu verwerten, weil ja keine konträre Antwort mehr gegeben wurde, wohl aber noch für die von Weber. Stellt man 10 g und 9,4 g wo zuerst Differenzen gefühlt wurden, den Gewichten 10 und 6 g gegenüber, wobei auch unrichtige Antworten gegeben werden, so würde dieses Mal der Unterschiedsschwellenwert 2,3 betragen. Der relative Reizunterschied also:

$$\frac{10-7{,}7}{10} = \frac{2{,}3}{10} = \frac{1}{4{,}4}.$$

Es stehen sich also zwei verschiedene Unterschiedsschwellenwerte und zwei verschiedene relative Reizunterschiede einander gegenüber. Welcher gilt nun, der letzte oder der erste? Nun hat Bastelberger noch eine weitere Versuchsreihe angestellt, nämlich mit 10 g und 5,5 g. Hier wurden alle Differenzen richtig beurteilt. Hier

ergibt sich als Unterschiedsschwellenwert 4,5. als relativer Reizunterschied $\frac{1}{2,2}$.

Welcher Unterschiedsschwellenwert soll nun hier gelten? Ich bin der Ansicht, dass, solange Fehler gemacht werden, alle diese Fehler in die Rechnung obiger Messungsmethoden mit einzutragen sind, um den Unterschiedschwellenwert zu bekommen, denn sonst ist es ja nicht möglich aus den falschen und richtigen Angaben das Mittel zu ziehen. Es wird daher nach der Messungsmethode von Weber als Unterschiedsschwellenwert 2,3 g die meiste Berechtigung mit dem relativen Gewichtsunterschied $\frac{1}{4,4}$.

Nach dieser Deduktion bleibt nun zur Bestimmung des Unterschiedsschwellenwertes die Wahl übrig, entweder von zwei Gewichten mit unmerklicher Differenz das eine so lange successive zu verkleinern, bis das leichtere immer für leichter, das schwerere immer für schwerer gehalten wird, weil ja sonst nicht alle richtigen und falschen Angaben in die Rechnung mit einbezogen werden können oder von zwei Gewichten mit übermerklicher Differenz das schwerere successive so lange zu verkleinern, bis Fehler gemacht werden. Dies wäre die Methode der eben als sicher erkennbaren Unterschiede, welche jeder, der sich mit der experimentellen Prüfung des Drucksinnes beschäftigt, aus nahe liegenden Gründen vorziehen wird, besonders wenn er es mit Personen zu thun hat, deren Geistesfrische einen Defekt hat.

Bisher ist aber der Unterschiedsschwellenwert nicht in obiger Ausdehnung berechnet worden, d. h. die Versuche wurden nicht so lange fortgesetzt, bis immer richtige Ant-

worten gegeben wurden. Es ist nun klar, dass Unterschiedsschwelle wie relativer Unterschied um so kleiner ausfallen, je geringer die Differenz der Gewichte ist. So ergibt sich

bei 10 g u. 9,4 g	als Unterschiedsschwelle	0,6,	als rel. Gewichts-Unterschied	$^{6}/_{100}$
„ 10 g „ 9,1 g	„	0,9,	„	$^{9}/_{100}$
„ 10 g „ 9 g	„	1,0,	„	$^{10}/_{100}$
„ 10 g „ 8 g	„	2,0,	„	$^{20}/_{100}$
„ 10 g „ 7 g	„	3,0,	„	$^{30}/_{100}$
„ 10 g „ 6,5 g	„	3,5,	„	$^{35}/_{100}$
„ 10 g „ 6 g	„	4,0,	„	$^{40}/_{100}$.

Berechnet nun jemand Unterschiedsschwelle wie relativen Reizunterschied aus den zwei ersten Reihen, ein anderer aus den drei ersten Reihen u. s. f., so bekommt jeder ein anderes Resultat. Ich glaube nun, dass diese Fehlerquelle eine Hauptursache abgibt für die Widersprüche, welche bei der Bearbeitung des Drucksinnes aufgetreten sind.

Aber selbst wenn die Versuche fortgesetzt würden, bis eine Differenz immer richtig beurteilt würde, so müssten bei Berechnung des Unterschiedsschwellenwertes von den richtigen Angaben noch diejenigen abgezogen werden, welche auf Erraten oder Selbsttäuschung zurückzuführen sind. Da dieses Ansinnen nicht zu erfüllen ist, wird auch obige Berechnung nie genau stimmen.

Es ist somit erwiesen, dass die Bestimmung der Unterschiedsschwelle nach Weber, Fechner, Müller nur zulässig ist, wenn die Differenz bei den Einzelversuchen so lange successive vergrössert wird, bis die absoluten Reizgrössen nach jeder Richtung hin richtig beurteilt werden und dass sie selbst dann noch wegen der schwer kontrollierbaren richtigen Angaben kein genaues Resultat gibt. Aber nicht nur in der Messungsmethode ist die Ursache zu den verschiedenen Resultaten, welche bei der

Prüfung des Drucksinnes gewonnen wurden, zu suchen, sondern auch in der ungenügenden Präzisierung der Anforderungen, welche an jede Drucksinnprüfung gestellt werden müssen.

Bisher musste nur Gesicht- und Muskelsinn ausgeschaltet und dafür gesorgt werden, dass die aufzulegenden Gewichte von gleicher Temperatur mit derselben Fläche unmittelbar nacheinander auf dieselbe Hautfläche gebracht wurden. Ich werde den Beweis führen, dass auch der Tastsinn und das Gemeingefühl ausgeschlossen werden müssen und die Gewichte immer senkrecht auf die belastete Hautfläche wirken müssen. Ich stellte nämlich mit zwei verschiedenen Apparaten bei ein und derselben Person dieselben Versuche an und erhielt ganz konträre Angaben, trotzdem jedesmal alle Vorsichtsmassregeln beobachtet und nach der Methode der eben als sicher erkennbaren Unterschiede geprüft wurde. Das eine Mal benutzte ich einen ähnlichen Apparat wie den von Weber und Kamler, welche einfach Gewichte von derselben Oberfläche auf dieselbe Hautstelle brachten, nur benutzte ich statt Hollunder oder Metall gewöhnliche Oblaten, das andere Mal einen von mir konstruierten Apparat, der eben Tastsinn und Gemeingefühl ausschliesst.

Auf die Resultate näher einzugehen halte ich erst für gut, wenn ich das Schema zur Aufzeichnung der einzelnen Versuche, sowie die beiden Apparate mit Gebrauchsanweisung eingehend beschrieben habe.

Wird jemand auf seine Fähigkeit, durch Drucksinn Gewichte zu schätzen, geprüft, so erhält er den Auftrag, eine der drei Fragen zu beantworten:

„War das zweite Gewicht dem ersten gleich?“ „War das zweite Gewicht leichter wie das erste?“ „War das

zweite Gewicht schwerer wie das erste?“ Derjenige, welcher die Prüfung anstellt, hat bei jedem Einzelversuch drei Möglichkeiten. Er kann dasselbe Gewicht einwirken lassen oder ein leichteres oder ein schwereres.

Setze ich nun für die Worte „gleich“, „leichter“, „schwerer“ die Zeichen „(=)“, „(o)“ „(O)“ und gebe ich als Kopf des Schemas die benützten absoluten Reizgrössen an, so ergibt sich folgendes Bild:

Wirklichkeit. 10 gr u. 9 gr.	Aussage.	Wirkl.	10 u. 9 gr.	Auss.
gleich	gleich, leichter, schwerer.	=	= o O	
leichter	gleich. leichter, schwerer.	o	= o O	
schwerer	gleich, leichter, schwerer.	O	= o O	

Die Worte „gleich“, „leichter“, „schwerer“ sowie die dafür gebrauchten Zeichen „(=)“, „(o)“, „(O)“ geben das Verhältnis des zweiten Gewichtes zum ersten an. Aus dem Schema ist ersichtlich, dass, wenn in einer Reihe rechts und links die gleichen Zeichen stehen, die Antwort mit der Wirklichkeit übereinstimmte, wenn aber verschiedene Zeichen dastehen, fehlerhafte Angaben gemacht wurden. Steht z. B. links (o) und rechts (O), so steht die Aussage der Wirklichkeit gegenüber, d. h. die Versuchsperson hat von zwei Gewichten das leichtere für das schwerere gehalten.

Ferner steht z. B. links „(o)“ und rechts „(=)“ so hat die Versuchsperson zwei verschieden schwere Gewichte für gleich schwer empfunden.

Ein Beispiel möge zur Erörterung dienen:

Wirkl.	10 u. 9 gr. Auss.	
	o	Hier hat die Versuchsperson einmal richtig, einmal falsch geantwortet.
o	o O	Hier hat die Versuchsperson einmal richtig geantwortet, einmal das leichtere Gewicht für das schwerere angesehen.
O	= O	Hier hat die Versuchsperson den Unterschied nicht erkannt, sondern beide Gewichte für gleichschwer beurteilt, das zweitemal aber den Unterschied richtig beurteilt.

Nachdem ich dieses Schema erklärt habe, kann ich zu den Versuchen übergehen, welche ich mit dem Apparat nach Weber angestellt habe.

Um Gewichte von derselben Oberfläche zu haben, bediente ich mich kleiner runder Oblaten, von welchen 40 Stück auf ein Gramm gingen, eine somit $^1/_{40}$ gr oder 0,025 gr. Eine solche Oblate kann man in zwei Hälften zerlegen mit derselben Oberfläche.

Eine solche halbe Oblate wog dann 0,0125 gr also etwas mehr als 1 cgr. Nun stellte ich mir Gewichtsverhältnisse her mit der Verhältniszahl 1 : 2 um zu erfahren, ob auch bei kleinen Gewichtsgrössen das W.-Gesetz seine Giltigkeit habe. Dieses besagt nämlich, dass zwei Gewichte, mit derselben Verhältniszahl immer als verschieden schwer erkannt werden, sobald dieses Verhältnis einmal richtig beurteilt wurde. Nun hat Bastelberger nachgewiesen, dass 10 gr und 5,5 gr von einander stets richtig unterschieden werden können. 10 gr und 5 gr nun werden noch besser beurteilt, weil ja die Differenz eine grössere ist. 10 gr und 5 gr verhalten sich nun wie 1 : 2. Es müssen daher, wenn das Webersche Gesetz richtig sein sollte und Bastelberger den Drucksinn wirklich geprüft hat, 5 cgr und 10 cgr oder 500 und 1000 gr mit derselben Sicher-

heit von einander unterschieden werden. Dem ist aber nicht so. Denn 5 cgr und 10 cgr werden zwar hie und da richtig beurteilt, wenn die Aufmerksamkeit eine sehr grosse ist, 5 gr u. 10 gr dagegen bei einiger Aufmerksamkeit immer richtig taxiert, 500 gr u. 1000 gr dagegen auch bei der grössten Unaufmerksamkeit genau von einander unterschieden. Nachdem diese Thatsachen feststehen, verliert entweder das W.-Gesetz seine Giltigkeit, oder Bastelberger hat den Drucksinn gar nicht oder nicht ausschliesslich geprüft. Ich glaube nun, dass das letztere der Fall ist, weil er nämlich den Tastsinn und das Gemeingefühl bei seinen Versuchen nicht ausgeschlossen hat. Aus meinen Versuchsreihen werde ich nachweisen, dass bei Ausschluss des Tastsinnes und Gemeingefühls überhaupt erst 6 gr eine Druckempfindung auslösen, während, wie ich gleich zeigen werde, bei Nichtbeachtung dieser zwei Sinne schon Gewichte von cgr bei einiger Aufmerksamkeit deutlich von einander unterschieden werden konnten.

Die kleinen Gewichtchen in der Höhe von cgr stellte ich in folgender Weise her: Ich verklebte halbe und ganze Oblaten in folgender Anordnung:

2 halbe, 3, 4, 6, 8 halbe, eine halbe Oblate wog 0,0125 gr also wogen diese Komplexe 2 . 0,0125, 3 . 0,0125 u. s. f. dann verklebte ich 2, 3, 4, 6, 8 ganze Oblaten miteinander. Das Gewicht der einzelnen Stücke betrug 2 : 0,025 gr 3 . 0,025 gr u. s. f. dann 4, 6, 8, 12, 16 ganze Oblaten.

„ 6, 9, 12, 18, 24 „ „ u. s. f.

Ein nasses Fadenende mitten auf die Oberfläche eines solchen Oblatenkomplexes senkrecht eingestochen, wird nach einiger Zeit trocken und verklebt mit der Oblatensubstanz. Hebt man nun das Gewichtchen durch Erfassen und Emporheben des freien Fadenendes auf, so bildet das

ganze ein Lot, dessen untere Fläche parallel ist zur Horizontalen.

Diese Gewichte haben Zimmertemperatur, und können mit einer gleichen Fläche auf dieselbe Hautstelle unmittelbar nacheinander mit Ausschluss des Gesichtsinnes und Muskelgefühles gebracht werden. Es sind also alle bisher geltenden Vorschriften für eine Drucksinnmessung berücksichtigt worden.

Als Versuchsperson diente mir mein Kollege Herr August Gressmann, welchem ich für seine Aufmerksamkeit und sein Interesse für die Experimente, sowie für seine Ausdauer hier den gebührenden Dank erstatte.

Bei der Prüfung der Unterschiedsempfindlichkeit kam ich zu folgenden Resultaten:

2 u. 4 cgr.			3 u. 6 cgr.			4 u. 8 cgr.		
W. =	=	Auss.	=	o =		=	=	
o	o		o			c	o o	
O	O		O	O		O	= =	

4 u. 8 cgr.			6 u. 12 cgr.			8 u. 16 cgr.		
=	=		=	= =		=	=	
o	o o		o	o o		o	o O	
O			O	=		O		

6 u. 12 cgr.			9 u. 18 cgr.			12 u. 24 cgr.		
			-				O	
o	o o		o	o o		o	o	
O	= =		O	=		O		

16 u. 32 cgr.			24 u. 48 cgr.			32 u. 64 cgr.		
=	=		=	=		=	=	
o	o		o	o		o	o	
O	O		O	O		O	O	

Die Gewichte jeder Versuchsreihe zeigen das Verhältnis 1 : 2 oder den relativen Unterschied = 1/2. Die Angaben sind grösstenteils richtig; gegen Schluss wird überhaupt kein Fehler mehr gemacht. Nun handelt es sich nur darum, ob ich den Drucksinn geprüft habe oder nicht. Ich kann konstatieren, dass je grösser die absoluten Gewichte wurden, die Aufmerksamkeit der Versuchsperson um so weniger in Anspruch genommen wurde, um die einzelnen Reizgrössen durch das Gefühl auseinander halten zu können. Der Empfindungszuwachs ist also bei gleichbleibendem relativen Gewichtsunterschied sich nicht gleichgeblieben, wie es das Gesetz von Weber verlangt.

Wie ich im folgenden zeigen werde, bin ich zu der Überzeugung gekommen, dass ich hier trotz der genauesten Beachtung aller an eine Drucksinnprüfung zu stellenden Forderungen nicht ausschliesslich den Drucksinn geprüft habe, sondern entweder das Allgemeingefühl oder auch den Tastsinn.

Um diesen Beweis führen zu können, muss ich auf meinen Drucksinnmessungsapparat näher eingehen. Es ist gewiss wichtig, vorher auf die Notwendigkeit eines einfachen zur Drucksinnprüfung von Paralytikern im Remissionsstadium geeigneten Apparates hinzuweisen.

Jeder, welcher mit Geisteskranken auch nur einigermassen vertraut ist, wird zugeben, dass ich mit obiger Messungsmethode nach Kammler und Weber wenig oder nichts ausgerichtet hätte. Ich kann selbst anführen, dass Paralytiker im Remissionsstadium nur mit Mühe sich bequemen, die Hand längere Zeit mit der ganzen Dorsalfläche auf eine Unterlage aufzustützen. Die übrigen Drucksinnmessungsapparate kritisiert Bastelberger in seiner schon erwähnten preisgekrönten Dissertation auf folgende

Weise: „Die Goltz'sche Methode besitzt vor der Gewichtsmethode Weber's den grossen Vorzug, dass sie die Untersuchung an jeder beliebigen Körperstelle mit Leichtigkeit gestattet und nicht zeitraubend ist. Die ihr ursprünglich anhaftenden Mängel bezüglich wechselnden Spannung der Empfindungskuppe und bezüglich der Abstufung der Wellenstärke sind durch die vorgeschlagenen Verbesserungen beseitigt. Jedoch gelang es mir nicht, dem anderen Mangel, dass die absolute Stärke der Wellen unbekannt bleibt, abzuhelfen. Diese Kritik seines eigenen Apparates ist nicht ermutigend für den Gebrauch zur Drucksinnprüfung bei Geisteskranken, eben weil die absoluten Reizgrössen fehlen. Die absoluten Empfindungsintensitäten und absoluten Empfindungszuwüchse sind überhaupt nicht messbar. Mit relativen Empfindungsgrössen aber und mit relativen Reizgrössen bei Geisteskranken zu arbeiten hielt ich schon im vornherein für unpassend. Die Dohrn'sche Waage, sagt Bastelberger weiter, ist in der von mir verbesserten Form gut und brauchbar für eine exakte Drucksinnmessung, aber die Ausführung der Versuche ist schwierig und zeitraubend. Letztere Eigenschaften nun verbieten bei Paralytikern im Remissionsstadium auch die Anwendung dieses Apparates, weil solche Patienten nebenbei noch beobachtet werden müssen.

Dann existiert noch für die Prüfung des Drucksinnes das Eulenburg'sche Instrument, welches nach Bastelberger falsche absolute Grössen angeben und deshalb zu genaueren Bestimmungen unbrauchbar sein soll.

Der Apparat nun, welchen ich konstruirt habe, leidet an keinem der vorgenannten Mängel, was ich nach der Beschreibung desselben beweisen werde.

Jedermann kennt das Gehänge einer gewöhnlichen

Wage, welches abnehmbar ist und aus einer Wagschale, einem Aufhängehaken und aus der Verbindung von Wagschale und Aufhängehaken besteht. Ein solches Gehänge ist mein ganzer Apparat zur Prüfung des Drucksinnes. Nur besteht der Aufhängehaken nicht aus Stahl, sondern aus einem rechteckigen Leinwandstreifen von 6 cm Länge 1 cm Breite, die Wagschale nicht aus Blech, sondern wiederum aus Leinwand aber in Form eines Quadrats mit der Seite 12 cm: die Verbindung nicht aus Eisendrähten, sondern aus gewöhnlichen Zwirnsfäden und zwar derart, dass die entsprechenden Enden des Leinwandquadrats mit denen des Leinwandrechteckes in Abständen von 12 cm verknüpft sind. Das Leinwandrechteck nun wird einfach über die zu prüfende Hautstelle gelegt, welche, wenn der Drucksinn an dieser Stelle geprüft werden soll, auf der entgegengesetzten Seite gestützt werden muss. Die Stütze muss nach folgenden Gesichtspunkten hergestellt sein:

1. Sie darf nicht von Metall sein, weil dieses der Haut zu schnell Wärme entzieht, dadurch ein Kältegefühl verursacht und infolgedessen die Quantität der Druckempfindung steigern würde.

2. Sie muss der Form der zu stützenden Hautfläche angepasst sein, besonders was die Breite betrifft, damit nicht die Aufhängefäden an den Rändern der Stütze Widerstände erleiden und so die Zugwirkung herabsetzen.

3. Sie muss unter sich einen freiem Raum haben, welcher das ungehinderte Hängen der Wagschale, sowie das Heben und Senken derselben erlaubt.

4. Bei der Prüfung des Drucksinnes an den Fingerspitzen muss auch noch der Vorderarm gestützt werden, damit nicht durch dessen Ermüdung die Beurteilung der Empfindungen eine Beeinträchtigung erleidet.

Diesen vier Gesichtspunkten ist z. B. bei der Prüfung des Drucksinnes an der Fingerbeere des Zeigefingers schon die nötige Berücksichtigung zu Teil geworden durch einen gewöhnlichen Kasten von 15 cm Höhe auf dessen Deckel ein dünnes Holz so festgenagelt ist, dass das eine Ende über eine Kante des Kastens von der Länge des betreffenden Zeigefingers hervorragt. Auf den Deckel bringt man zweckmässig noch etwas Watte, damit der darauf ruhende Vorderarm keinen unangenehmen Druck empfindet. Diese Beschreibung entspricht des von mir angewendeten Apparates, bei dessen Gebrauch ich mich eines gewöhnlichen Gewichtssatzes bediente. Die Ausführung der Versuche gestaltete sich in folgender Weise: Auf einem gewöhnlichen Tisch war obiger Kasten so aufgestellt, dass das freie Ende des Holzstäbchens gegen die Seite gerichtet war, an welcher ich sass. Mir gegenüber stand die Versuchsperson, stützte auf Wunsch die Dorsalfläche des Zeigefingers auf obigen Vorsprung des Holzstäbchens, die Dorsalfläche der Hand und des Vorderarmes auf den Kastendeckel und nahm dabei eine möglichst bequeme Stellung ein. Um den Gesichtssinn auszuschliessen, brachte ich auf die mir zugewandte Kante des Kastens einen Bogen steifes Papier, unter dem ich nach Belieben manipulieren konnte, ohne dass die Versuchsperson etwas davon sah.

Nun legte ich das Leinwandrechteck obigen Gehänges über die Fingerbeere des Zeigefingers und liess das Gewicht des Leinwandquadrats auf dieselbe einwirken. Dieses konnte jedoch keine Druckempfindung erzeugen. Denn die Versuchsperson konnte nicht mit Sicherheit angeben, wann ich das Leinwandquadrat oder die Wagschale hob oder senkte. Eine eben geäusserte Empfindung erwies sich beim nächsten Versuch als das Gegenteil. Ich be-

lastete nun die Wagschale mit 5 mmg; auch hier konnte konstatiert werden, dass die belastete Wagschale keine Druckempfindung zu erzeugen im Stande sei.

Ich legte dann 5 cg in die Wagschale, hob und senkte sie. Es zeigte sich wieder dieselbe Erscheinung.

Ich probierte es dann mit 5 dg, wieder mit demselben Erfolg. Alsdann mit 1 g, 2 g, 3 g, ja sogar 4 g und konnte immer noch dieselbe Thatsache konstatieren, dass eine eben geäusserte Empfindung im nächsten Augenblick sich als Gegenteil erwies, gerade so wie beim ersten Versuch die leere Gewichtsschale keine sichere Druckempfindung hervorrufen konnte. Ich legte nun 5 g in die Wagschale, von jetzt ab wurde entweder gefühlt, dass die Wagschale gesenkt wurde, oder dass es zweifelhaft war.

Als Versuchsperson diente mir aber darin verehrter Herr Kollege Gressmann August, derselbe, welche nach einer früheren Methode 16 u. 32 cg, 24 u. 48 cg, 32 u. 64 cg mit aller Bestimmtheit von einander unterscheiden konnte.

Wie ist es nun möglich, dass ein und dieselbe Person bei der Drucksinnprüfung mit verschiedenen Apparaten so verschiedene Empfindungsintensitäten äussert? Nun hat dieselbe Versuchsperson zur selben Zeit mit dem anderen Apparat nach Kammler dieselbe Feinheit der Unterschiedsempfindlichkeit gezeigt wie früher. Es bleibt also nichts anderes übrig, als anzunehmen, dass ich mit jenem Apparat eine besondere Fähigkeit geprüft habe. Und dieses ist, wie ich fest überzeugt bin, hier der Fall, obwohl ich bei meinen früheren Untersuchungen allen Anforderungen an eine exakte Drucksinnmessung, wie sie bisher Geltung hatten, gewissenhaft nachgekommen bin. Es ist aber nicht mög-

lich, den Anforderungen bei beiden Apparaten in gleicher Weise nachzukommen.

Gesichtssinn und Muskelgefühl kann wohl in beiden Fällen gleich vollkommen ausgeschlossen werden. Ebenso kann dafür gesorgt werden, dass die Tastfläche mit nicht zu kalten oder zu warmen oder gut wärmeleitungsfähigen Gewichten in Berührung kommt. Aber die Gewichte mit genau derselben Oberfläche auf dieselbe Handfläche zu bringen, ist bei dem ersten Apparat nach Kammler fast nicht möglich, bei dem zweiten ohne Schwierigkeit zu erreichen, indem das Leinwandrechteck des Gehänges einfach immer dieselbe Lage beibehält, weil ja die zu prüfende Hautfläche mit den Gewichten gar nicht in direkte Berührung kommt. Was also mit den früheren Apparaten nur schwer oder gar nicht zu erreichen war, kommt bei meinem Apparat gar nicht in Betracht.

Das Leinwandrechteck bleibt ja immer auf dem unterstützten Finger und wird bei einiger Vorsicht nicht verschoben, sondern durch Beschweren der Wagschale mit Gewichten nur mit der entsprechenden Intensität nach abwärts gezogen. Dieser Zug aber übt auf den Finger, weil er unterstützt ist, einen eben so grossen Druck aus. Das Gefühl des Druckes wird bei den Versuchen, welche mit meinem Apparat gemacht werden, den Verhältnissen entsprechend nicht in die Fingerbeere, sondern in die Wagschale verlegt. Dieser Umstand aber schliesst den Tastsinn und das Gemeingefühl vollkommen aus. Denn das Tastgefühl wird in die Haut verlegt, das Gemeingefühl ergreift den ganzen Körper. Nun wurden bei meinen Untersuchungen, wo mein Kollege als Versuchsperson 12 cg und 24 cg sicher als verschieden erkannte, thatsächlich die Empfindungen in geprüfte Hautoberfläche verlegt

und nicht in die wirkende Kraft, also ist die Behauptung berechtigt, dass ich das erste Mal nur den Tastsinn geprüft habe und nicht den Drucksinn, obgleich ich allen diesbezüglichen Vorschriften Rechnung trug.

Ferner verdienen die Versuche die meiste Glaubwürdigkeit, welche mit einem Apparate angestellt werden, der die Schwierigkeiten der dem gleichen Zweck dienenden Apparate nicht teilt.

Schliesslich sind sich alle, welche sich bei Gesunden mit der Fähigkeit, Gewichte zu taxieren beschäftigt haben, darüber einig, dass der Muskelsinn den Menschen in höherem Grade befähige, Gewichte zu schätzen. Ich werde aber später nachweisen, dass auch bei der Prüfung des Muskelsinns 4 g erst eine Zugempfindung hervorzurufen im stande sind.

Ausser diesen drei vergleichenden Schlüssen kann ich zum Beweise, dass erst 5 g eine Druckempfindung erzeugen, folgenden Versuch anführen.

Nachdem die Versuchsperson in obiger Weise Vorderarm, Hand und Zeigefinger gestützt hatte und beauftragt war, die erste Empfindung anzugeben, brachte ich langsam und allmählich das Leinwandrechteck auf die Fingerbeere, senkte in derselben Weise das Leinwandquadrat, hob es wieder, legte 1 g hinein, senkte wieder, dann 2 g, 3 g, 4 g und erst als 5 g darinnen lagen, wurde beim Senken desselben eine Empfindung wahrgenommen als ob etwas in der Wagschale sich befände. Vorher wurde nicht die geringste Empfindung geäussert.

Wenn nun erst 5 g eine wirkliche Druckempfindung erzeugen, dann hat Kammler, welcher feststellte, dass 0,015 mmg an der Fingerbeere eben eine Druckempfindung erzeugen könnten, nur die Empfindlichkeit überhaupt ge-

prüft, ebenso auch Dohrn, nach welchem 1 g und 0,8 g auf der Fingerspitze verschiedene Empfindungen hervorrufen würden.

Auch Bastelberger hat den Drucksinn nicht ausschliesslich geprüft, sondern teilweise auch die Empfindlichkeit überhaupt, ob Tastsinn oder Gemeingefühl lässt sich schwer entscheiden, ausser man versteht unter Gemeingefühl nur Kitzel, Schaudern und ähnliches.

Ferner da beim Heben und Senken der leeren Wagschale öfter Empfindungen geäussert wurden, welche sich beim nächsten Versuch als das Gegenteil herausstellten, gerade so wie beim Heben und Senken der mit 4 g belasteten Wagschale — die leere wog nur 4 cg — so glaube ich diese Thatsache zum Beweise anführen zu können, dass die oben erörterten Messungsmethoden zur Bestimmung des eben merklichen Unterschiedes nicht zulässig sind.

Ebenso halte ich auf grund obiger Versuche und Erörterungen folgende Definition über die minimale Reizgrösse, welche eben eine Druckempfindung erzeuge für unberechtigt:

Funke schreibt: Eine Druckempfindung kommt zu Stande, wenn durch ein äusseres Objekt das Tastorgan der Haut bis zu einer gewissen minimalen Grösse komprimiert wird. Dieser Grenzwert, diese intensive Schwelle des Reizes ist beim Auflegen von Gewichten von 0 g anfangend dann überschritten, wenn ein Berührungsgefühl eintritt."

Nach meinen Versuchen ist ein Berührungsgefühl kein Druckgefühl, denn eine Berührung der Hand mit einem fremden Gegenstand erweist sich als einfache Empfindung, dieselbe Berührung der Achselhöhle ruft Kitzeln oder sonst ein Allgemeingefühl hervor. Ferner kann man bei den Ver-

suchen ganz genau unterscheiden, wann eine Berührung, wann ein Druckgefühl eintritt, weil die Berührung in die Hautstelle, das Druckgefühl in den Ausgangspunkt der Kraft verlegt wird, bei meinen Versuchen in die belastete Wagschale.

Der Grenzwert für die Druckempfindlichkeit ist daher beim Auflegen von Gewichten von 0 g anfangend dann überschritten, wenn oft hintereinander gefühlt wird, dass von irgend einem Punkte aus eine Zug- oder Druckkraft auf die unterstützte Hautfläche wirke.

Ich habe nun mit zwei verschiedenen Apparaten bei ein und derselben Person auf der gleichen Empfindungsfläche den Drucksinn geprüft nach den bisher üblichen Vorschriften. Mit dem Apparat nach Weber und Kammler, welcher den Tastsinn und das Gemeingefühl nicht ausschloss, habe ich schon eine scheinbare Druckunterschiedsempfindlichkeit für 12 und 24 cg konstatieren können. Mit dem von mir konstruierten Apparat dagegen, welcher den Tastsinn und das Gemeingefühl ausschliesst, habe ich als minimale Reizgrösse, welche eben eine sichere Druckempfindung bewirke, das Gewicht von 5 g festgesetzt. Nun habe ich oben nachgewiesen, dass diese Reizgrösse nicht zu hoch sei, dass sie dem Grenzwert für den Muskelsinn entspreche. Also vermag eine Reizgrösse unter 5 g keine sichere Druckempfindung zu erzeugen, besonders wenn sie weit unter diesem Grenzwert liegt, wie z. B. 12 cg.

Wenn nun bei 12 cg eine Druckempfindlichkeit ausgeschlossen ist, so ist eine Druckunterschiedsempfindlichkeit für 12 cg und 24 cg noch weniger möglich, weil die Fähigkeit, Gewichte von einander zu unterscheiden, stärkere Reizgrössen erfordert, als die Fähigkeit, den Druck eines einzelnen Gewichtes zu empfinden. Für diese Behauptung

werde ich alsbald Beweise bringen. Es bleibt nichts anderes übrig, als anzunehmen, dass ich mit dem Apparat nach Weber und Kammler, welche den Tastsinn und das Gemeingefühl nicht ausschliesst, nur eine der genannten Fähigkeiten oder auch beide geprüft habe gerade so wie Kammler, Dohrn und zum Teil auch Bastelberger. Deswegen wird es billig sein, den bisher geltenden Vorschriften für eine exakte Drucksinnmessungsmethode noch folgende hinzuzufügen: „Der Tastsinn und das Gemeingefühl muss gerade so wie der Gesichtsinn und Muskelsinn ausgeschlossen werden."

Dieser neuen Massregel für eine genaue Drucksinnprüfung wäre noch anzuschliessen, dass die Zugkraft oder die Druckkraft, welche von einem Gewichte ausgeht, bei den Versuchen immer dieselbe Richtung beibehalte. Zum Beweise hiefür will ich die Erfahrungen anführen, welche ich mit einem Kugelapparat von Hitzig aus der psychiatrischen Klinik in Halle gemacht habe. Der Apparat hatte den Zweck, die Fähigkeit Nervenkranker, Gewichte zu schätzen, leicht prüfen zu können. Die Kugeln hatten alle denselben Durchmesser, waren aber verschieden schwer. Die sechs leichtesten wogen 50, 60, 70, 80, 90, 100 g, hatten also die Differenz 10 g. Kollegen von mir vermochten nun bei der Prüfung des Drucksinnes sowohl wie des Muskelgefühls die einzelnen Gewichte von einander zu unterscheiden, konstatierten jedoch, dass 50 und 60 g sowie 90 und 100 g am leichtesten von einander zu unterscheiden seien. Bei der Untersuchung der Kugeln auf ihr Gewicht und auf ihren Schwerpunkt ergab sich, dass sie die angegebenen Gewichtsgrössen nicht hatten und dass beim Rollenlassen die Kugeln mit unregelmässiger Geschwindigkeit dahin rollen und sich allmählich in ihre Gleichgewichts-

lage einstellten. Die meisten Kugeln hatten also ihren Schwerpunkt nicht im Zentrum, sondern irgendwo zwischen Peripherie und Zentrum. Wenn nun eine solche Kugel so auf die Tastfläche aufliegt, dass der Schwerpunkt der Kugel in der Senkrechten liegt, welche auf dem Mittelpunkt der Tastfläche errichtet ist, so wird das ganze Tastfeld gleichmässig gedrückt. Anders verhält es sich jedoch, wenn die Verlängerung des Schwerpunktes in die Peripherie des Tastfeldes fällt; dann wird die Seite, auf welcher der Schwerpunkt liegt, mehr gedrückt als wie die andere Seite. Dieses Missverhältnis gibt nun eine andere Empfindung, ob auf Kosten der Tastorgane oder Drucksinnorgane in der Haut, ist schwer zu entscheiden. Auch diesem Umstand habe ich bei meinem Apparat Rechnung getragen, indem ich die Wagschalen von Leinwand herstellte; denn so fallen die in dieselben gelegten Gewichte immer so, dass ihr Schwerpunkt immer in der Senkrechten liegt, welche durch die Mitte der Tastfläche geht, während die Gewichte auf einer Gewichtschale von Blech jedesmal einen anderen Schwerpunkt einnehmen und so bald die eine bald die andere Seite des Tastfeldes schwerer belasten würden,

Während ich bis jetzt teils durch das Studium der Litteratur, teils durch experimentelle Untersuchungen nachzuweisen versuchte, dass die bisher üblichen Apparate zur Prüfung des Drucksinnes Mängel aufwiesen, dass die bisher geltenden Vorschriften für eine exakte Drucksinnmessung unzureichend seien, und dass die bisherige Methode zur Bestimmung der Unterschiedsschwelle nicht zulässig sei, und während ich mich bis jetzt nur bestrebte, einen Apparat zu konstruieren, welcher die Mängel der früheren nicht teilt, ferner neue Verhaltungsmassregeln den früheren hinzuzufügen und an die Stelle der früheren Messungsmethode

eine andere zu setzen, halte ich mich nunmehr für verpflichtet, zu beweisen, dass diese Vorschläge sich auch bei den experimentellen Untersuchungen bewähren.

Vorher will ich noch an das Schema für die Aufzeichnung der Einzelversuche und an die Handhabung meines Apparates erinnern. Die Zu- und Abnahme der Gewichte geschieht mit der Hand, die Entlastung sowie die Belastung des zu prüfenden Fingers durch Heben und Senken der Gewichtsschale ebenfalls mit der zufällig freien Hand, die Aufzeichnung ebenso.

Ist es nötig, dass mehrere Gewichte auf einmal auf die Wagschale gebracht und wieder weggenommen werden sollen, so verbindet man diese vorher mit einen Eisendrat durch einfaches Umschlingen.

Sind die Gewichte sehr klein, so kann man sich der Pincette bedienen.

Gewichte dürfen nur auf die Wagschale gelegt oder weggenommen werden, wenn der zu prüfende Finger entlastet ist, also die Wagschale gehoben worden ist.

Die Belastung oder das Senken der Wagschale muss langsam und gleichmässig geschehen, damit nicht die lebendige Kraft der Gewichte eine stärkere Empfindung hervorruft.

Dies dürften alle Vorsichtsmassregeln sein, welche beim Gebrauche des Apparates in Frage kommen. Ich kam nun bei der Prüfung der Unterschiedsempfindlichkeit zu folgenden Resultaten:

Ich konnte erst von 30 g ab eine Unterschiedsempfindlichkeit konstatieren, so dass 30 g und 35 g von einander scharf getrennt werden konnten. Vorher, d. h. bei Prüfung der Unterschiedsempfindlichkeit mit leichteren Gewichten wurde zwar jedes als solches erkannt. Aber die Unter-

scheidung gelang oft, ebenso oft aber auch nicht. Das schwerere Gewicht wurde grösstenteils richtig beurteilt, das leichtere dagegen oft dem schwereren gleich erachtet, und nur hie und da richtig beurteilt.

Für diese Behauptungen will ich folgende Beispiele anführen:

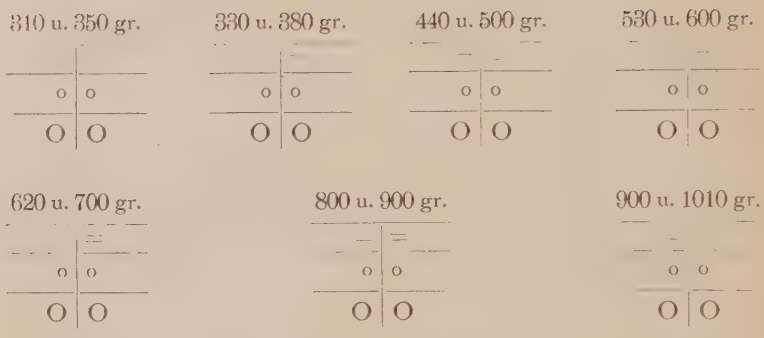
10 u. 15 gr.		25 u. 30 gr.		10 u. 20 gr.	
		=		=	
o	o = =	o	o = =	o	=
O	O	O	O	O	=

Die erste und zweite Tabelle zeigt, dass das schwerere erkannt wurde, das leichtere wohl einmal, aber zweimal nicht. Die dritte Tabelle zeigt, dass das leichtere wie das schwerere nicht beurteilt werden konnte. Alle drei Tabellen lehren, dass jedes Gewicht eine Druckempfindung auslöste. Aus diesen Versuchen geht hervor, dass es schwieriger ist, einen Druck von einem mehr oder weniger intensiven zu unterscheiden, als einen zu empfinden.

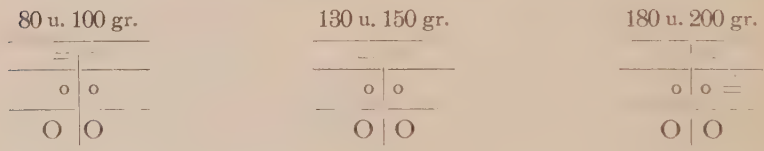
Bei der Prüfung der Fähigkeit, schwerere Gewichte als 30 g durch den Drucksinn von einander zu erkennen, bin ich zu dem Resultat gekommen, dass der relative Gewichtsunterschied zwischen $^1/_7$ und $^1/_{10}$ schwankt. Zum Beweise hiefür dienen folgende Versuche:

30 u. 35 gr.		40 u. 45 gr.		30 u. 15 gr.	
=	=	=	=	=	=
o	o	o	o o =	o	o
O	O	O	O O	O	O

180 u. 200 gr.		220 u. 250 gr.		260 u. 300 gr.	
=	=	=	–	=	=
o	o =	o	o =	o	o =
O	O O	O	O	O	O



Diese Resultate stammen aus einer weit grösseren Anzahl von Einzelversuchen und wurden dadurch gewonnen, das ich ein und dieselbe Differenz, welche einmal sicher erkannt, so lange bei steigenden absoluten Reizgrössen beibehielt, bis Fehler gemacht wurden, z. B.:



Wie die Schemata lehren, haben alle drei Gewichtspaare die Differenz 20 g; die beiden ersten werden nach jeder Richtung hin deutlich erkannt, vom dritten Gewichtspaar dagegen wird das leichtere einmal richtig beurteilt, einmal für so schwer gehalten, als das schwerere ist.

Ich habe nun, sobald dieser Fehler auftrat, beim nächsten Versuch mit schwereren Gewichten eine grössere Differenz genommen, so 30 g.

Bei allen Versuchen schwankten die Differenzen zwischen 5 und 110 g. Die absoluten Reizgrössen betrugen nicht weniger als 30 und nicht mehr als 1010 g. Im allgemeinen gilt der Satz:

Je grösser die absoluten Reizgrössen waren, um so grösser musste die Differenz genommen werden, um die Einzelempfindungen unterscheiden zu können.

Der relative Gewichtsunterschied, aufgefasst als das Verhältnis der Differenz der jeweiligen beiden Reizgrössen zur grösseren von den beiden gibt folgende Zahlen:

30 u. 35 gr. haben einen rel. Gew.-Unterschied von $\frac{35-30}{35} = \frac{5}{37} = \frac{1}{7}$

40 u. 45 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{9}$

130 u. 150 gr. „ „ „ „ „ $\frac{1}{7{,}5}$

180 u. 200 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{10}$

220 u. 250 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{8}$

260 u. 300 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{7{,}5}$

310 u. 350 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{8{,}7}$

330 u. 380 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{7.2}$

440 u. 500 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{8}$

530 u. 600 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{8{,}5}$

620 u. 700 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{8{,}5}$

800 u. 900 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{9}$

900 u. 1010 gr. „ „ „ „ „ $= \frac{1}{9}$

Der relative Gewichtsunterschied macht also nicht mehr die grossen Schwankungen wie bei den früheren Untersuchungsresultaten, sondern bewegt sich zwischen $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{9}$ oder im Mittel $\frac{1}{8}$

Somit wäre für die Giltigkeit des Weber'schen Gesetzes, welches bei verschiedenen absoluten Reizgrössen denselben relativen Gewichtsunterschied erfordert, der Beweis nahezu erbracht. Und ich glaube, dass bei geeignetem Gewichtsmaterial, was ja leicht herzustellen ist, und bei gleichbleibender Aufmerksamkeit der Versuchsperson der endgiltige Beweis für dieses Gesetz erbracht werden kann.

Für den Zweck meiner eigentlichen Aufgabe, die Fähigkeit, Gewichte zu taxieren, bei Paralytikern im Remissionsstadium zu prüfen, glaube ich in bezug auf den Drucksinn genug Vergleichungsmaterial gesammelt zu haben. Es erübrigt mir nur noch, vorher noch eine andere Fähigkeit des Menschen, Gewichte zu schätzen, einer Untersuchung zu unterwerfen, nämlich das Muskelgefühl.

Da ich auch in dieser Hinsicht nicht das notwendige Vergleichungsmaterial in der Litteratur fand, so bin ich auch hier gezwungen, vorher die einzelnen Methoden näher zu prüfen.

Es liegt eigentlich nur die Methode von E. H. Weber vor, welcher an Faden aufgehängte Gewichte mit der Hand heben liess und fand, dass 39 und 40 g als eben verschieden schwer erkannt werden könnten, also ein relativer Gewichtsunterschied von $\frac{1}{40}$.

Dann hat noch Fechner mit verschiedenen Gewichten belastete Holzgefässe an einer Holzrolle heben lassen, und kam zu dem Resultat, dass der Merklichkeitsgrad der gleichen relativen Reizzuwüchse nicht bei allen absoluten Grössen der Hauptgewichte derselbe war.

Biedermann und Loewit haben auf Pappscheiben aufgelegte verschieden schwere Gewichte mit der aus-

gestreckten Hand heben lassen, und gefunden, dass der relative Reizunterschied von $\frac{1}{15}$ bis zu $\frac{1}{70}$ falle bei absoluten Reizgrössen von 10—450 g und bei 500 g schon wieder bis zu $\frac{1}{20}$ steige.

Funke hat in obiger Arbeit die dem Weberschen Gesetz widersprechenden Angaben auf den Umstand zurückgeführt, dass bei schweren Gewichten das Gewicht des Armes, bei leichten das der Hand in Rechnung gebracht wurde.

Da sonst keine weiteren Vorschriften für die Prüfung des Muskelsinnes existieren, als die von E. H. Weber angegebenen, nämlich den Tastsinn und Drucksinn womöglich auszuschliessen, so stellte ich meine Versuche über den Muskelsinn in folgender Weise an:

Auf einem Tische stand ein gewöhnlicher Kasten von 15 cm Höhe. Vor demselben hatte ich einen gewöhnlichen Gewichtssatz, mein oben beschriebenes Gehänge, mehrere Zwirnsfädenstücke und Schreibmaterial. Die Versuchsperson sass mir gegenüber, legte ihren Vorderarm mit der Volarseite so auf den Deckel des Kastens, dass das Handgelenk und die mir zugekehrte Kante des Kastens sich berührten. Mit Daumen und Zeigefinger dieser Hand erfasste sodann die Versuchsperson das zusammengelegte Leinwandrechteck des Gehänges. Die Hand selbst konnte frei gebeugt und gestreckt werden. Bei allen Versuchen konnte nur das Gewicht der Hand in Frage kommen. Der Gesichtsinn wurde wie bei der Prüfung des Drucksinnes ausgeschlossen.

Bei der Untersuchung des Muskelgefühls kam ich zu folgenden Resultaten:

Die Versuchsperson vermochte nicht mit Bestimmtheit anzugeben, ob ich die leere Wagschale aufhob oder langsam gesenkt hatte. Eine geäusserte Empfindung erwies sich beim nächsten Versuch als das Gegenteil. Ich legte dann 5 cg in die Wagschale, operierte wie oben und konnte dasselbe Resultat konstatieren, ebenso als 5 dg 1 g, 2 g, 3 g nacheinander in der Wagschale sich befand. Erst als 4 g darinnen waren, konnte öfter hintereinander erkannt werden, dass die belastete Wagschale gesenkt wurde. Dieses Resultat ist bisher unbestritten und von mir schon zum Beweise dafür angeführt worden, dass auch erst 5 g eine Druckempfindung auslösen könnten.

Ferner, da schon bei der leeren Wagschale, welche 4 cg wog, und bei der mit 3 g belasteten, die Versuchsperson wahre und falsche Angaben gemacht hat, so ist die Berechnung der Unterschiedsschwelle aus den wahren und falschen Angaben nach Weber, Müllller, Fechner nicht zulässig, wenigstens nicht in dem Grade, wie sie bisher geübt wurde.

Aus demselben Grunde ist jedoch die Methode der eben als sicher erkennbaren Unterschiede gerechtfertigt, besonders wenn die Fähigkeit, Gewichte zu taxieren, bei Geisteskranken geprüft werden soll.

Bei meinen weiteren Untersuchungen konnte ich folgende Werte für die Unterschiedsempfindlichkeit feststellen:

45 u. 50 gr.	90 u. 100 gr.	180 : 200
o o	o o	o o
() ()	() ()	() ()

370 u. 400	450 u. 500	610 u. 700	900 : 1000
o o	o o	o o	o o
O O	O O	O O	O O

Diese absoluten Reizgrössen ergeben fast alle einen relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{9}$, also, dem Weberschen Gesetz entsprechend, bei verschiedenen absoluten Reizgrössen denselben relativen Gewichtsunterschied. Auch hier habe ich dieselbe Differenz immer so lange beibehalten, bis die einzelnen Gewichte nicht mehr genau erkannt wurden.

Die Feinheit der Empfindungen richtete sich jedesmal nach dem Grade der jeweiligen Aufmerksamkeit, wofür folgende zwei Einzelversuche sprechen.

450 u. 500 gr.	450 u. 500 gr.
O	
o = =	o o o
O O	O O

Zwischen dem ersten und zweiten Versuch liegt nur eine kurze Spanne Zeit, nicht über fünf Minuten. Also kann beim gesunden Menschen die Aufmerksamkeit beliebig geregelt werden. Eine Ermüdung ist selbst bei einer grossen Anzahl von Versuchen nicht dauernd zu konstatieren, insoferne man darunter eine allmählich oder plötzlich eintretende minderwertige Leistungsfähigkeit in der Schätzung der Gewichte versteht.

Denn am Schlusse einer Untersuchungszeit von 1 bis $1^1/_2$ Stunden konnten immer noch Gewichte von einander unterschieden werden, welche verhältnismässig fast dieselbe Differenz hatten wie am Anfang. Hiefür mögen folgende Einzelversuche dienen:

800 u. 900 gr.	
=	–
o	o
O	O

900 u. 1010 gr.	
=	=
o	o
O	O

Daraus ergibt sich, dass 800 und 900 g sowie 900 und 1010 g nach jeder Richtung hin genau unterschieden werden konnten. Diese Versuche wurden gegen Ende einer anderthalbstündigen Untersuchungszeit bei der Prüfung des Drucksinnes gewonnen.

Diesem Versuche stehen nun folgende gegenüber, welche am Anfang derselben Untersuchungszeit sich ergaben.

40 u. 45 gr.	
=	=
o	o
O	O

180 u. 200 gr.	
=	=
o	o
O	O

Diese Gewichtspaare zeigen einen relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{9}$ und $\frac{1}{10}$ fast geradeso wie die vorigen, welche $\frac{1}{9}$ haben.

Dieselbe Erscheinung kann ich aus den bei der Prüfung des Muskelsinnes gewonnenen Resultaten abstrahieren.

Bis jetzt habe ich die Fähigkeit des gesunden Menschen, Gewichte zu taxieren, experimentell vorgeführt und festgestellt, dass erst 5 g eine Druckempfindung erzeugen können, eine Muskelsinnempfindung aber schon durch 4 g ausgelöst werde und dass betreff des Verhältnisses zwischen Reizgrössen und Empfindungsgrössen durch den Drucksinn Gewichte mit dem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{8}$, durch den Muskelsinn Gewichte mit dem relativen Gewichts-

unterschied von $\frac{1}{9}$ nach jeder Richtung hin genau beurteilt werden können und schliesslich dass eine auffallende allmählich oder plötzlich eintretende Minderleistung in der Fähigkeit, Gewichte zu taxieren, als Zeichen der Ermüdung innerhalb 1—$1^1/_2$ Stunden nicht nachzuweisen sei.

Nunmehr werde ich die Resultate anführen, welche ich bei den Paralytikern im Remissionsstadium aus der Kreisirrenanstalt zu München bei der Untersuchung ihrer Fähigkeit, Gewichte zu schätzen, gewonnen habe.

Die drei Genannten waren von jeglicher Wahnidee frei, und zeigten bei der somatischen Untersuchung nur Veränderungen an den Pupillen und des Patellarreflexes. Sie waren alle für die Prüfung ihres Drucksinns und Muskelgefühls mit dem oben beschriebenen Apparat zu brauchen. Jeder zeigte dem Gesunden gegenüber eine bedeutende Minderleistung, sowohl in der Empfindlichkeit wie in der Unterschiedsempfindlichkeit beider Sinne. Besonders auffallend trat bei dem einen früher, bei dem andern später die Erscheinung auf, dass die Leistungsfähigkeit auf einmal rapid nachliess, was besonders bei der Prüfung des Drucksinnes sehr deutlich sich zeigte, dass also die Ermüdung bei jedem sich in gleicher Weise äusserte.

Für diese Behauptungen diene folgendes Beweismaterial:

Paralytiker Nr. I vermochte erst 50 g als ein Gewicht zu erkennen. Gewichte mit dem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{3}$ zu unterscheiden wie aus folgenden Tabellen hervorgeht:

300 u. 450 gr.	400 u. 600 gr.	600 u. 900 gr.
= |	= |	= | O
o | o	o | o o	o | o
O | O O	O | O	O | O

ermüdete jedoch nach 1/4 Stunde so, dass er bei Gewichten mit dem relativen Gewichts-Unterschied von $\frac{1}{1,7}$ nicht mehr das leichtere erkannte, wie folgende Tabellen zeigen:

1000 u. 800 gr.	950 u. 800 gr.	900 u. 700 gr.
= | O	= |	= | O O
o | o o	o | = O O	o | o O =
O | O	O | O	O | O

850 u. 700 gr.	850 u. 650 gr.	850 u. 550 gr.	850 u. 350 gr.
= | O O	= | O O	= | o O O	= | o O
o | O O	o | O O	o | O O	o | o =
O | O	O | O	O | O	O | O

Paralytiker N. H. war erst im Stande, bei Belastung des Wagschale mit 70 g eine sichere Druckempfindung zu äussern, konnte den Unterschied von Gewichten mit dem relativen Gewichte von $\frac{1}{1,8}$ feststellen, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht:

200 u. 300 gr.	300 u. 350 gr.	400 u. 900 gr.
O	O O	O O
o | o	o | o	o | o
O | O	O | O	O | O

erkannte aber schon nach wenigen Versuchen das leichtere Gewicht nicht mehr, selbst bei einem relativen Gewichts-Unterschied von $\frac{1}{1,4}$, wie folgende Tabellen lehren:

100 u. 130 gr.

o	= = o
O	O

150 u. 350 gr.

o	= =
O	O

150 u. 650 gr.

o	=
O	O

200 u. 400

=	
o	= =
O	O

200 u. 600 gr.

=	
o	=
O	O

200 u. 700 gr.

=	
o	=
O	O

Der Paralytiker N. III. hatte bei 50 g eine sichere Druckempfindung, eine Feinheit der Druckunterschiedsempfindlichkeit entsprechend einem relativen Gewichts-Unterschied von $\frac{1}{4}$, wie folgende Tabellen zeigen:

100 u. 140 gr.

=	=
o	o
O	O

150 u. 200 gr.

=	=
o	o =
O	O

250 u. 330 gr.

=	=
o	o
O	O

und ermüdete schon bei einer kurzen Versuchsreihe, indem er das leichtere Gewicht selbst bei einem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{1{,}6}$ nicht mehr erkannte, wie aus folgenden Tabellen hervorgeht:

300 u. 390 gr.

=	
o	=
O	= O

300 u. 400 gr.

o	= =
O	O

300 u. 450 gr.

o	= =
O	O

300 u. 550 gr.

o	= =
O	O

300 u. 650 gr.

o	= =
O	O

300 u. 850 gr.

o	= =
O	O

Die Untersuchungen über den Drucksinn bei Paralytiker im Remissionsstadium ergeben daher, dass die Empfindlichkeit für Gewichte erst durch Reizgrössen von 50—70 g ausgelöst wird, ferner dass die Unterschiedsempfindlichkeit einem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{4}$ entspricht und dass schliesslich die Ermüdung je nach dem Grade der vorhergegangenen Anstrengung früher oder später plötzlich in der Weise auftritt, dass die Fähigkeit, von zwei Gewichten das leichtere zu erkennen, fast ganz aufhört, indem das leichtere entweder für so schwer gehalten wird wie das schwerere, oder gar für schwerer erachtet wird.

Ähnliche Verhältnisse lassen sich bei der Prüfung des Muskelsinnes nachweisen, nur löst schon ein geringerer Reiz als 50 g eine Muskelempfindung aus; ebenso ist die Feinheit der Unterschiedsempfindlichkeit im Verhältnis zu der des Drucksinnes etwas besser, und die Ermüdung lässt sich nicht in der eklatanten Form nachweisen.

So konnte Paralytiker N. I. schon bei 35 g Gewicht eine deutliche Muskelsinnempfindung angeben, einem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{5}$ durch folgende Versuche hindurch erkennen:

1000 u. 800 gr.	480 u. 400 gr.	270 u. 200
= | O O	= | O O	= |
o | o o	o | o o	o | o
O | O	O | O O	O | O

200 u. 150 gr.	140 u. 100	100 u. 70 gr.
= | =	= | = o	= | = o
o | o o	o | o	o | o
O | O	O | O	O | O O

ermüdete aber alsbald, so dass er selbst einem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{2{,}2}$ nicht mehr gewachsen war, wie aus folgenden Tabellen hervorgeht:

700 u. 800		700 u. 900		600 u. 900	
	o		O		O
o	O O	o	O O	o	O O
O	O	O	O	O	O

und auf jeden Einzelversuch die Antwort „schwerer" gab.

Paralytiker N. II. erwies sich auch hier wieder als der schwächste. Denn seine Leistung entsprach einer Reizschwelle von 40 gr einem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{3}$ und liess schon nach einigen Versuchen plötzlich nach.

Der Paralytiker N. III. vermochte eben 30 g zu erkennen, ferner Gewichte mit dem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{3{,}5}$ zu unterscheiden, wie aus folgenden Tabellen hervorgeht:

50 u. 70 gr.		100 u. 130 gr.		200 u. 300 gr.	
o	o	o	o	o	o
O	O	O	O	O	O

300 u. 400 gr.		400 u. 600 gr.		500 u. 750 gr.	
					O
o	o	o	o	o	o
O	O	O	O	O	O

jedoch schon nach einer Versuchszeit von ½ Stunde Gewichte mit relativem Gewichtsunterschied von $\frac{1}{2{,}8}$ nicht mehr als verschieden schwer erkennen, wie folgende Versuche lehren:

700 u. 1000	
–	O O
o	O
O	O

700 u. 1100	
–	O O
o	o O
O	O

Zum Schlusse will ich noch einen kurzen Überblick über die vorliegende Arbeit geben:

1. Die früheren Arbeiten über die Prüfung des Drucksinnes und Muskelsinnes weisen widersprechende Resultate auf.

2. Die Ursachen zu den Widersprüchen liegen in den gebrauchten Apparaten, in der Bestimmungsmethode des Unterschiedsschwellenwertes und in den Vorsichtsmassregeln bei der Prüfung.

3. Ich habe daher einen Apparat vorgeschlagen und benützt, welcher die Mängel der früheren nicht teilt, aber den neuen Anforderungen an eine exakte Prüfung der Fähigkeit, Gewichte zu taxieren, bei Gesunden und Kranken entspricht.

4. Die frühere Bestimmungsmethode des Unterschiedsschwellenwertes habe ich durch eine andere ersetzt, welche erlaubt, ohne Rechnung allerdings den Maximalunterschiedsschwellenwert zu finden.

5. Als neue Anforderungen an eine exakte Drucksinnmessung sind den früheren hinzuzufügen:

a. Das Gemeingefühl und der Tastsinn muss ausgeschlossen werden.

b. Die Kraftrichtung, welche die Gewichte ausüben, muss stets dieselbe sein.

6. Die vorgeschlagenen Neuerungen haben sich bei den experimentellen Untersuchungen, sowohl bei Gesunden wie bei Geisteskranken bewährt, indem die Versuche leicht auszuführen waren und das Gesetz von Weber, wenn nicht vollkommen, so doch nahezu bewiesen.

7. Die Fähigkeit des gesunden Menschen, Gewichte zu taxieren, ist durch folgende Sätze ausgedrückt:

a. Es ist eine Reizgrösse von 5 g erforderlich, um eben eine deutliche Druckempfindung zu bewirken, dagegen nur eine Reizgrösse von 4 g, um eine Muskelempfindung auszulösen.

b. Das Verhältnis zwischen Reizgrössen und Empfindungsgrössen ist beim Drucksinn so, dass Gewichte mit einem relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{9}-\frac{1}{7}$ also im Mittel $\frac{1}{8}$ deutlich verschieden schwer erkannt werden; beim Muskelsinn dagegen so, dass Gewichte mit relativem Gewichtsunterschied von $\frac{1}{10}-\frac{1}{8}$—also im Mittel $\frac{1}{9}$ genau von einander unterschieden werden können.

c. Nach einer Untersuchungszeit von 1—1½ Stunden ist keine dauernde herabgesetzte Leistungsfähigkeit zu konstatieren.

Diesen Ergebnissen stehen betreff derselben Fähigkeit aber bei Paralytikern im Remissionsstadium folgende gegenüber:

a. Die Reizgrösse, welche eine Druckempfindung eben deutlich zum Bewusstsein bringt, beträgt 50 g, die Reizgrösse, welche eine Muskelempfindung eben erzeugt, 40 g.

b. Durch den Drucksinn können Gewichte mit relativem

Gewichtsunterschied von $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}$ im Durchschnitt $\frac{1}{3{,}5}$ als verschieden schwer erkannt werden, durch den Muskelsinn Gewichte mit relativen Gewichtsunterschied von $\frac{1}{5}$—$\frac{1}{3}$ also im Mittel $\frac{1}{4}$.

c. Die Ermüdung ist entweder schon anfangs vorhanden, oder tritt je nach den vorausgegangenen Anstrengungen schon nach drei bis vier Einzelversuchen auf oder zeigt sich auch erst nach $^1/_2$ Stunde, wenn das nötige Interesse für die Versuche im Kranken wachgerufen wurde und keine Anstrengung den Versuchen vorausging. Die Ermüdung tritt auf als eine plötzlich herabgesetzte Leistungsfähigkeit, welche sich darin äussert, dass das leichtere Gewicht durch mehrere Einzelversuche hindurch, selbst wenn die Gewichte eine gewaltig grössere Differenz aufweisen, absolut nicht mehr erkannt, sondern entweder immer für schwerer, oder immer für gleich schwer gehalten wird.